

Speed determining method for mechanically commutated DC motors

Patent number: DE19729238

Publication date: 1998-08-27

Inventor: KESLER ERWIN DIPL ING (DE); SCHULTER WOLFGANG DR ING (DE)

Applicant: TELEFUNKEN MICROELECTRON (DE)

Classification:

- international: **G01P3/48; H02P7/28; G01P3/42; H02P7/18;** (IPC1-7):
G01P3/48; G01B7/30; G05D3/18; H02P5/00

- european: G01P3/48; H02P7/28A

Application number: DE19971029238 19970709

Priority number(s): DE19971029238 19970709

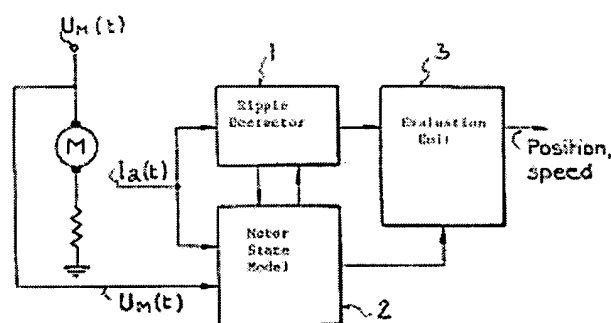
Also published as:

EP0890841 (A1)
US6144179 (A1)
JP11160337 (A)
EP0890841 (B1)
ES2190011T (T3)

[Report a data error here](#)

Abstract of DE19729238

The method determines the commutation times (T_k). From these, an evaluator (3) derives the speed (n) and/or the angle of rotation (ϕ). In parallel with the acquisition of the motor ripple current, an acceptable reference time range ($t(m) \pm \Delta T$) is obtained from a motor performance model for the motor current ($I_a(t)$) and voltage ($U_m(t)$). Only those commutation times are considered by the evaluation unit which lie within the reference time range. If, within the reference time range, no ripple can be coordinated with a commutation, the evaluator extrapolates from the motor performance model a probable commutation time for this reference time range.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 197 29 238 C 1

21 Aktenzeichen: 197 29 238.0-52
22 Anmeldetag: 9. 7. 97
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 27. 8. 98

61 Int. Cl.⁸
G 01 P 3/48
G 01 B 7/30
G 05 D 3/18
H 02 P 5/00

DE 197 29 238 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH, 74072
Heilbronn, DE

72 Erfinder:

Keßler, Erwin, Dipl.-Ing., 88348 Saulgau, DE;
Schulter, Wolfgang, Dr.-Ing., 88709 Meersburg, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 39 35 585 A1
DE 35 27 906 A1
EP 07 30 156 A1
EP 06 89 054 A1

LINDNER u.a.: "Nachschlagewerk Elektrotechnik-
Elektronik, Leipzig, 2. Aufl., 1983, S. 199 ff.;
BIRK, M.: Unkonventionelle Drehzahlmessung und
-regelung bei Gleichstrommotoren. In: Elektronik
25/14.12.1984, S. 71, 72;

54 Verfahren zum Ermitteln der Drehzahl bei mechanisch kommutierten Gleichstrommotoren

57 Das Verfahren zum Ermitteln der Drehzahl und/oder
des Drehwinkels bei mechanisch kommutierten Gleich-
strommotoren aus dem Zeitverlauf der bei der Kommu-
tierung auftretenden Welligkeit (Ripple) des Motorstroms
wird durch ein parallel dazu arbeitendes Motorzustands-
modell ergänzt und kontrolliert, dem die elektromechani-
schen Motorengleichungen zugrunde liegen. Aus dem
Motorstrom und der Motorspannung wird ein wahr-
scheinlicher Wert der aktuellen Drehzahl extrapoliert so-
wie ein zulässiger Soll-Wertebereich der nächsten Kom-
mutierung bestimmt. Kann im Soll-Wertebereich kein
Kommutierungszeitpunkt bestimmt werden, wird der ex-
trapolierte Wert verwendet. Anderenfalls wird aus dem
im Soll-Wertebereich erfaßten Kommutierungszeitpunkt
die aktuelle Drehzahl genau bestimmt. Die für das Motor-
zustandsmodell erforderliche motorspezifische und last-
abhängige Größe kann fest vorgegeben werden oder
nach der Detektion von Kommutierungsvorgängen je-
weils an die aktuelle Drehzahl angepaßt werden. Störun-
gen bei der Erfassung und Auswertung der bei der Kom-
mutierung auftretenden Welligkeit (Ripple) des Motor-
stroms können vermieden und die für eine Positionser-
mittlung und -steuerung von elektrisch betriebenen Teil-
en erforderliche störsichere Weiterleitung der aktuellen
Werte sichergestellt werden.

DE 197 29 238 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln der Drehzahl und/oder der Wegstrecke bei mechanisch kommutierten Gleichstrommotoren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Derartige Verfahren sind bspw. der EP 0 689 054 A1, EP 0 730 156 A1 sowie der DE 39 35 585 A1 zu entnehmen.

Es ist allgemein bekannt, den Wechselanteil des Stromes, die Welligkeit oder gemäß dem englischen Begriff Ripple genannt, von Gleichstrommotoren als Maß für die Drehzahl des Motors zu erfassen, auszuwerten und auszunutzen. In der DE 35 27 906 A1 wird beispielsweise ein sogenanntes Nulldurchgangsverfahren beschrieben, bei dem nach Elimination des Gleichanteils die Nulldurchgänge des Stromes erfaßt werden.

Bekannt ist außerdem, daß das Verhalten von Gleichstrommotoren mittels eines elektromechanischen Motorzustandsmodells basierend auf den Motorengleichungen beschrieben werden kann, wie es in Fig. 4a und 4b dargestellt ist. Die Motorengleichung $U_q(t) = c \cdot \Phi \cdot n(t)$, auch Generatorgleichung genannt, die Motorengleichung $M_m(t) = c_1 \cdot \Phi \cdot I_a(t)$ sowie der elektrische Zusammenhang

$$U_q(t) = U_M(t) - I_a(t) \cdot R_a - L \cdot \frac{\partial I_a(t)}{\partial t}$$

können ebenfalls der Literatur, bspw. Lindner u. a.: Nachschlagewerk Elektrotechnik – Elektronik, Leipzig, 2. Aufl. 1983, S. 199 ff. entnommen werden. Die Bezugszeichen (vgl. Fig. 4a, b und auch die Gleichungen) sind entsprechend analog gewählt und bedeuten im einzelnen U_q die induzierte Ankerspannung, c , c_1 , c_2 die motorspezifischen Größen, auch Motorenkonstanten genannt, Φ der magnetische Fluß, n die Drehzahl, M_L das Lastmoment, M_m das Motormoment und M_B das sich daraus ergebende Beschleunigungsmoment, I_a den Motor- bzw. Ankerstrom, U_M die Motorklemmenspannung, R_a den Ankerwiderstand, R_k den äußeren Klemmenwiderstand, L die Induktivität der Motorwicklung und J das Masse-Trägheitsmoment der gesamten rotierenden Anordnung einschließlich der zu bewegenden Teile, bspw. die Fenster.

Beim gattungsbildenden Verfahren der EP 0 689 054 A1 wird das generierte Signal der Stromwelligkeit phasenverschoben und das phasenverschobene zum nicht phasenverschobenen addiert bzw. subtrahiert, wodurch ein insbesondere von Doppelkommutierungserscheinungen befreites Signal gewonnen wird.

Auch das sogenannte ripple-count-Verfahren ist dieser Schrift zu entnehmen. Dem Aufsatz "Unkonventionelle Drehzahlmessung und -regelung bei Gleichstrommotoren" von Birk, Elektronik 25, 14.12.1984, S. 71 f. ist die inkrementale Bestimmung der Drehzahl aus der Kommutierungswelligkeit des Ankerstroms ebenfalls zu entnehmen.

Aus den oben genannten Schriften sind auch die grundsätzlichen Probleme bei der Erkennung und Auswertung der Stromwelligkeit zu entnehmen, insbesondere die Anfälligkeit gegen Störungen in der Netzspannung und Doppelkommutierungen. Der schaltungstechnische Aufwand ist bei allen Kompensationsverfahren erheblich und Störungen letztlich nicht auszuschließen.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Verfahren gemäß des Oberbegriffs des Anspruchs 1 derart weiterzuentwickeln, daß der Aufwand der Kompensation reduziert und die Störsicherheit aufrechterhalten beziehungsweise verbessert werden kann.

Die Aufgabe ist durch die kennzeichnenden Merkmale

des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Grundgedanke ist es, mittels des Motorzustandsmodells einen zulässigen Soll-Zeitbereich zu bestimmen und die Ergebnisse der parallel dazu erfolgenden Analyse des Zeitverlaufs der Welligkeit des Motorstroms nur dann in der Auswerteeinheit zu berücksichtigen, wenn diese im Soll-Zeitbereich liegen. Die neben dem Motorstrom und der Motorspannung für das Motorzustandsmodell erforderlichen Größen werden entweder fest vorgegeben oder aber aus dem Verlauf von Motorstrom und Motorspannung abgeleitet und entsprechend angepaßt. So kann die Motorimpedanz bereits im Anlaufzeitpunkt noch vor dem Überwinden der Haftreibung bestimmt werden, da in diesem Fall die Drehzahl noch Null und keine induzierte Ankerspannung U_q vorhanden ist. Durch mehrfache Erfassung von Motorstrom und Motorspannung kann der Wert der Motorimpedanz adaptiv angepaßt und Fehler so weitgehend ausgeschlossen werden. Außerdem kann die temperatur- und lastabhängige motorspezifische Größe c nach jedem Kommutierungsvorgang neu bestimmt und so für die folgende Extrapolation der Einfluß von Temperatur und Last berücksichtigt werden. Sollte die Arbeitsdauer des Motors relativ kurz sein, so kann die motorspezifische Größe c auch über die gesamte Arbeitsdauer auf dem fest vorgegebenen Wert bleiben, da insbesondere die thermische Beeinflussung demgegenüber sehr viel langsamer und schwächer abläuft.

Die Verfahrensschritte gemäß Patentanspruch 4 zeigen eine besonders einfache Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Dabei wird jeweils zunächst der nächste Kommutierungszeitpunkt mittels des Motorzustandsmodells extrapoliert, der Soll-Zeitbereich festgelegt und innerhalb diesem der Zeitverlauf der Stromwelligkeit beobachtet.

Ein Vorteil des erfinderischen Konzepts wird deutlich, wenn aufgrund von Störungen kein Kommutierungsvorgang erkannt werden kann. Dann steht der Auswerteeinheit nämlich noch der extrapolierte wahrscheinliche Wert des nächsten Kommutierungszeitpunktes zur Verfügung.

Nach dem Erkennen eines Kommutierungsvorgangs innerhalb des zulässigen Soll-Zeitbereichs wird aus diesem neben der aktuellen Drehzahl und Drehwinkelinkrement auch die motorspezifische Größe erforderlichenfalls mit dem genauen Wert aktualisiert. Die vorzuziehenden Größen, wie die motorspezifische Größe, die zumindest zum Motorstart vorgegeben, dann ggfs. adaptiv angepaßt wird, sowie eine Toleranzgröße ΔT zur Bestimmung des zulässigen Soll-Zeitbereichs um den wahrscheinlichen nächsten Kommutierungszeitpunkt $T(m+1)$, können ohne besonderen Aufwand bei der Herstellung der Motorsteuerung mit gespeichert oder für den jeweiligen Anwendungsfall definiert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren ergänzt die bekannten Verfahren zur Stromwelligkeitsauswertung, erhöht deren Störsicherheit und kommt insbesondere auch ohne die sonst für die Positionierungsaufgaben oftmals erforderlichen teuren Hallsensoren aus.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels und der Figuren näher erläutert.

Kurze Beschreibung der Figuren:

Fig. 1 Schematisches Blockschaltbild einer Anordnung zur Durchführung des Verfahrens,

Fig. 2 Ablaufdiagramm des Verfahrens,

Fig. 3 Darstellung der verschiedenen möglichen Ereignisse der Stromrippe,

Fig. 4a und b elektrisches und mechanisches Motorzustandsmodell gemäß dem Stand der Technik.

Fig. 1 zeigt in einem schematischen Blockschaltbild eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens. Vom Motor M werden die Motorspannung $U_M(t)$ sowie über einen Meß-

widerstand der Motorstrom $I_a(t)$ erfaßt. Der Motorstrom $I_a(t)$ wird einerseits dem sogenannten Ripple Detektor 1, einer Anordnung zur Erkennung der Kommutierung aus der Welligkeit des Motorstroms $I_a(t)$, zugeführt, andererseits auch dem Motorzustandsmodell 2, welches darüber hinaus noch die Motorspannung $U_M(t)$ erfaßt. Ripple Detektor 1 und Motorzustandsmodell 2 sind wechselseitig miteinander verbunden und tauschen einerseits die extrapolierten, andererseits die aus dem Motorstrom $I_a(t)$ real detektierten Ergebnisse aus. So gibt das Motorzustandsmodell 2 dem Ripple Detektor 1 jeweils den Soll-Zeitbereich $T(m+1) \pm \Delta T$ für den folgenden Kommutierungsvorgang $T_k(m+1)$ vor. Dabei wird über die Umdrehungszahl n jeweils eine Umdrehung erfaßt. Falls dieser Kommutierungsvorgang $T_k(m+1)$ zuverlässig und innerhalb des Soll-Zeitbereichs $T(m+1) \pm \Delta T$ erkannt wird, werden entsprechend diesem Zeitpunkt $T_k(m+1)$ die daraus ableitbare aktuelle Drehzahl $n(t)$ und die motorspezifische Größe c angepaßt, falls aufgrund von einer Abweichung erforderlich.

Außerdem sind der Ripple Detektor 1 und das Motorzustandsmodell 2 jeweils mit der Auswerteeinheit 3 verbunden, die die im Motorzustandsmodell extrapolierte Drehzahl $n_M(t)$ und den Soll-Zeitbereich $T(m+1) \pm \Delta T$ mit der aus dem Motorstrom $I_a(t)$ ermittelten Drehzahl $n(t)$ vergleicht und entsprechend aus der jeweils wahrscheinlicheren Größe die Ausgangswerte Drehzahl n und Drehwinkel ϕ bereitstellt.

In Fig. 2 ist mittels eines Flußdiagramms der Ablauf des Verfahrens visualisiert. Mit dem Anschluß an eine Versorgungsspannung wird der Ablauf automatisch gestartet und geprüft, ob ein Motorstrom vorliegt. Der Motorstrom dient dabei zunächst zur Erkennung der Aktivierung des Motors.

Wird der Motor eingeschaltet und fließt somit ein Motorstrom, wird zunächst der Stromanstieg noch vor dem Überwinden der Haftreibung gemessen und die Motorimpedanz bestimmt, zumindest aber der ohmsche Anteil gemäß der Gleichung $R = U_M/I_a$ in der Nähe des Umkehrpunktes, da vor dem Überwinden der Haftreibung ja keine Ankerspannung U_a induziert wird und der induktive Anteil vernachlässigbar klein gegenüber R ist. Diese Stromanstiegsauswertung wird in Fig. 2 durch den Block 1 dargestellt.

Mit der Überwindung des Haftreibungsmoments wird durch den sich nunmehr drehenden Anker eine Spannung induziert, die gemäß der Formel

$$U_a(t) = U_M(t) - I_a(t) \cdot R - L \cdot \frac{\partial I_a(t)}{\partial t}$$

aus dem Motorstrom $I_a(t)$ und der Motorspannung $U_M(t)$ permanent abgeleitet werden kann und die sich bei vernachlässigbarer Induktivität L noch weiter vereinfacht. Daraus kann gemäß $U_a(t) \approx c \cdot n_M(t)$ zunächst die wahrscheinliche Drehzahl n_m abgeschätzt werden. Aus der wahrscheinlichen Drehzahl $n_M(t)$ wird dann der Soll-Zeitbereich $T(m+1) \pm \Delta T$ der nächsten Kommutierung $T_k(m+1)$ abgeleitet. Dies erfolgt im Block 2 der Fig. 2. Als motorspezifische Größe c wird für den ersten Kommutierungsvorgang ein vorgegebener Wert verwendet, der jedoch nach dem Erkennen der ersten Kommutierung jeweils konkretisiert wird.

Außerdem wird geprüft, ob ein der Drehzahl n entsprechendes Drehwinkelinkrement noch auftreten kann oder bereits das Ende des Vorstellweges überschritten wird. In diesem Fall wird der Motor abgeschaltet.

Im folgenden wird der Motorstrom $I_a(t)$ mittels des Ripple Detektors 1 (vgl. Fig. 1) überwacht. Die Auswerteeinheit 3 gemäß Fig. 1 beobachtet dabei, ob der Ripple Detektor 1 bereits außerhalb des Soll-Zeitbereichs $T(m+1) \pm$

ΔT der nächsten Kommutierung $T_k(m+1)$ Stromspitzen detektiert und ignoriert diese, da sie auf externe Störungen des Motorstroms $I_a(t)$, bspw. durch Zuschalten anderer Lasten ins Versorgungsnetz, zurückzuführen sind.

Tritt innerhalb des Soll-Zeitbereichs $T(m+1) \pm \Delta T$ ein detektierbarer Stromripple auf, so wird dieser als der nächste Kommutierungsvorgang $T_k(m+1)$ erkannt. Wie durch den Block 3 in Fig. 2 angedeutet werden soll, wird nun einerseits zunächst die Drehzahl konkret ermittelt und das Drehwinkelinkrement zur Positionszählung für diesen Zeitpunkt gesetzt. Außerdem kann auf Basis des detektierten Kommutierungsvorgangs und der aktuellen Drehzahl die motorspezifische Größe c neu ermittelt und für die nachfolgende Berechnung angepaßt werden. Dadurch kann das Verfahren an sich verändernde Motorbedingungen, sehr unterschiedliche Vorstellgeschwindigkeiten und Laständerungen oder an Erwärmungen während des Betriebs, angepaßt werden.

Wird jedoch, bspw. aufgrund einer Störung, kein Stromripple detektiert, so wird statt dessen die wahrscheinliche Drehzahl n_M und der daraus abgeleitete wahrscheinliche Kommutierungszeitpunkt $T(m+1)$ angenommen. Drehzahl und Drehwinkel werden entsprechend angepaßt und beim Auftreten des nächsten detektierbaren Stromripples konkretisiert.

Wieder wird aus Strom und Spannung die wahrscheinliche Drehzahl und der nächste Kommutierungsvorgang abgeleitet und der Vorgang wiederholt, bis das Ende des Vorstellweges erreicht ist.

Durch das Verfahren kann somit sichergestellt werden, daß die Auswerteeinheit die Position und Drehzahl zuverlässig weitergeben und Doppelkommutierungen etc. abgrenzen kann.

Fig. 3 stellt nun in Periode P_1 dar, wie aus einem sauber detektierbaren Stromripple der Kommutierungszeitpunkt $T_k(m)$ bestimmt wird. So wird insbesondere auch der erste Kommutierungszeitpunkt bestimmt, auf Basis dessen nachfolgend die motorspezifische Größe c aktuell bestimmt und der nachfolgende wahrscheinliche Kommutierungszeitpunkt $T(m+1)$ extrapoliert wird.

In Periode P_2 wird nun der Fall dargestellt, wenn kein bzw. kein sauber detektierbarer Stromripple (angedeutet durch den punktierten Funktionsverlauf) innerhalb des Soll-Zeitbereichs $T(m+1) \pm \Delta T$ erkannt wird. Dann wird der wahrscheinliche Kommutierungszeitpunkt $T(m+1)$ verwendet (vgl. Fig. 3: Punktmarkierung auf der Zeitachse gibt den übernommenen Kommutierungszeitpunkt an).

Tritt, wie in Periode P_3 dargestellt, ein Stromripple außerhalb des Soll-Zeitbereichs $T(m+1) \pm \Delta T$ auf, so wird dieser ignoriert (es ist kein Punkt auf der Zeitachse dargestellt).

Ein innerhalb des Soll-Zeitbereichs $T(m+2) \pm \Delta T$ auftretender Stromripple wird als nächster Kommutierungszeitpunkt $T_k(m+2)$ auch dann erkannt, wenn er vom extrapolierten, wahrscheinlichen $T(m+2)$ abweicht, wie in Periode P_4 gezeigt. Es wird der detektierte Kommutierungszeitpunkt $T_k(m+2)$ für die folgende Extrapolation verwandt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln der Drehzahl (n) und/oder des Drehwinkels (ϕ) bei mechanisch kommutierten Gleichstrommotoren aus dem Zeitverlauf der bei der Kommutierung auftretenden Welligkeit (Ripple) des Motorstroms ($I_a(t)$), indem

a) der Zeitverlauf der Welligkeit des Motorstroms ($I_a(t)$) erfaßt, die Zeitpunkte der Kommutierung (T_k) bestimmt und daraus in einer Auswerteeinheit (3) die Drehzahl (n) und/oder der Drehwinkel (ϕ) abgeleitet wird,

dadurch gekennzeichnet, daß

- b) parallel zur Erfassung der Welligkeit des Motorstroms ($I_a(t)$) von einem Motorzustandsmodell, dem die elektromechanischen Motorengleichungen zugrunde liegen, aus dem Motorstrom ($I_a(t)$) und der Motorspannung ($U_M(t)$) ein zulässiger Soll-Zeitbereich ($T(m) \pm \Delta T$) bestimmt wird,
- c) die Zeitpunkte der Kommutierung ($T_k(m)$), nur dann von der Auswerteeinheit (3) berücksichtigt werden, wenn diese im zulässigen Soll-Zeitbereich ($T(m) \pm \Delta T$) liegen und
- d) falls innerhalb des zulässigen Soll-Zeitbereichs ($T(m) \pm \Delta T$) keine Welligkeit einer Kommutierung zugeordnet werden kann, die Auswerteeinheit (3) einen wahrscheinlichen Kommutierungszeitpunkt ($T(m)$) für diesen Soll-Zeitbereich ($T(m) \pm \Delta T$) aus dem Motorzustandsmodell extrapoliert.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest der ohmsche Anteil der Motorimpedanz im Anlaufzeitpunkt bestimmt wird, indem zumindest einmal vor dem Überwinden der Haftreibung der Motorstrom (I_a) und die Motorspannung (U_M) bestimmt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Überwinden der Haftreibung Motorstrom und Motorspannung mehrfach erfaßt werden und aus den Meßwerten von Motorstrom und Motorspannung vorzugsweise der Wert der Motorimpedanz, zumindest aber dessen ohmscher Anteil R adaptiv angepaßt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- a) mit dem Anstieg des Motorstroms bzw. der Motorspannung werden noch vor dem Überwinden der Haftreibung Motorstrom $I_a(t)$ und Motorspannung $U_M(t)$ mehrfach erfaßt und die Werte vorzugsweise der Motorimpedanz, zumindest aber dessen ohmscher Anteil R adaptiv angepaßt,
- b) der Motorstrom $I_a(t)$ und die Motorspannung $U_M(t)$ werden vorzugsweise kontinuierlich, zumindest aber in der Nähe vom Kommutierungszeitpunkt, erfaßt,
- c) im Motorzustandsmodell wird gemäß der vereinfachten Motorengleichung

$$U_q(t) = U_M(t) - I_a(t) \cdot R - L \cdot \frac{\partial I_a(t)}{\partial t}$$

die induzierte Ankerspannung $U_q(t)$ als zur Drehzahl proportionale Größe bestimmt und gemäß der Gleichung $U_q(t) \approx c \cdot n_M(t)$ die wahrscheinliche Drehzahl $n_M(t)$ extrapoliert, wobei c eine motorenspezifische Größe ist, die

c1) aus der bisherig aus den Kommutierungen ermittelten aktuellen Drehzahl $n(t)$ sowie dem Motorstrom $I_a(t)$ und der Motorspannung $U_M(t)$ gemäß der Gleichung

$$c(t) = \frac{U_M(t) - I_a(t) \cdot R - L \cdot \frac{\partial I_a(t)}{\partial t}}{n(t)}$$

angepaßt, wobei L die Induktivität der Motorwicklung ist, c2) oder, vorzugsweise nur zum Motorstart, fest

vorgegeben wird

- d) aus der wahrscheinlichen Drehzahl $n_M(t)$ wird der Soll-Zeitbereich $T(m+1) \pm \Delta T$ der nächsten Kommutierung $T_k(m+1)$ gemäß der Gleichung $T(m+1) = T_k(m) + 1/n_M(t)$ vorgegeben, wobei ΔT eine vorgegebene Toleranzgröße und $T(m+1)$ der wahrscheinliche nächste Kommutierungszeitpunkt ist,
- e) im Soll-Zeitbereich $T(m+1) \pm \Delta T$ wird der Zeitverlauf der Welligkeit des Motorstroms $I_a(t)$ beobachtet und
- e1) entweder wird die in diesem Zeitintervall auftretende Welligkeit als zulässiger Kommutierungsvorgang $T_k(m+1)$ erkannt, daraus die aktuelle Drehzahl $n(t) = n(T_k(m+1)) = 1/(T_k(m+1) - T_k(m))$ sowie das Inkrement des Drehwinkels $\phi(t) = \phi(T_k(m+1)) = \phi(T_k(m)) + 1 = m+1$ von der Auswerteeinheit weitergegeben und die motorenspezifische Größe c als $c(T_k(m+1))$ auf Basis von $n(t)$ gemäß Schritt c1) angepaßt, oder
- e2) falls im Soll-Zeitbereich $T(m+1) \pm \Delta T$ kein zulässiger Kommutierungsvorgang $T_k(m+1)$ erkannt wird, wird die extrapolierte wahrscheinliche Drehzahl $n_M(T(m+1))$ sowie zum wahrscheinlichen Zeitpunkt $T(m+1) = 1/n_M(T(m+1)) + T_k(m)$ das Inkrement des Drehwinkels $\phi(t) = \phi(T_k(m)) + 1 = m+1$ von der Auswerteeinheit (3) weitergegeben sowie
- f) alle außerhalb des Soll-Zeitbereichs $T(m+1) \pm \Delta T$ auftretenden Welligkeit werden ignoriert und die Verfahrensschritte b) bis e) wiederholt.
5. Verwendung der voranstehenden Verfahren zur Positionsermittlung und -steuerung bei elektromotorisch betriebenen Teilen durch Inkrementierung der Drehwinkel von einem einer ersten Ruheposition zugeordneten Nullwert aus, insbesondere auch zur Erkennung von Einklemmfällen bei gleichzeitig noch nicht erreichter zweiter Ruheposition.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

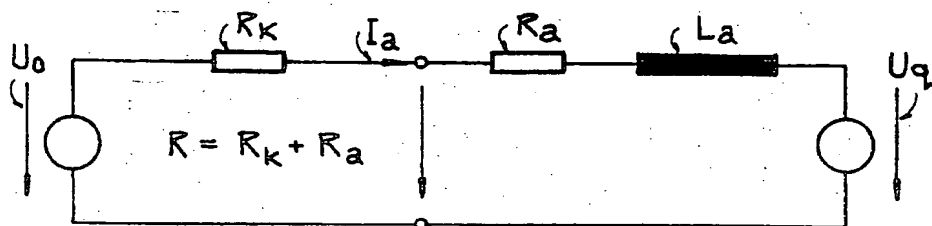
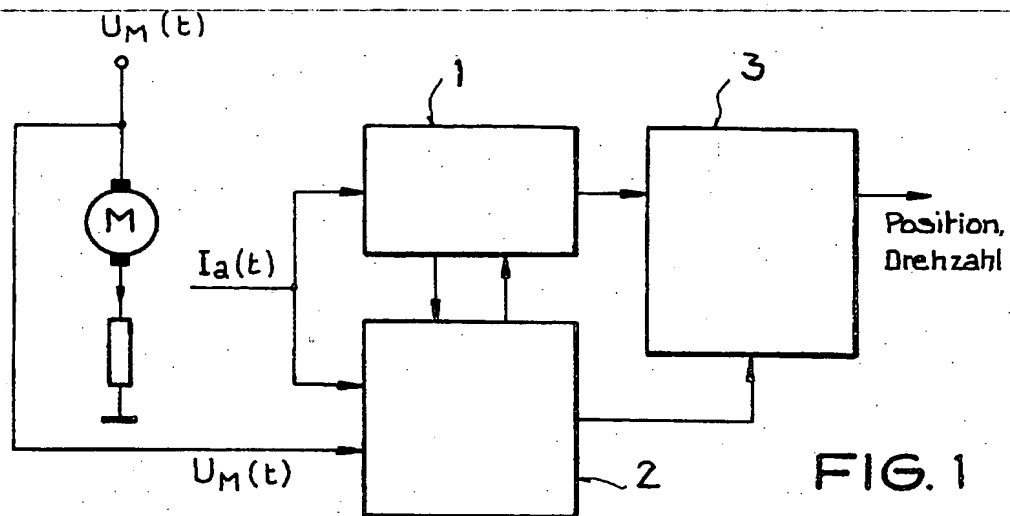


FIG. 4a

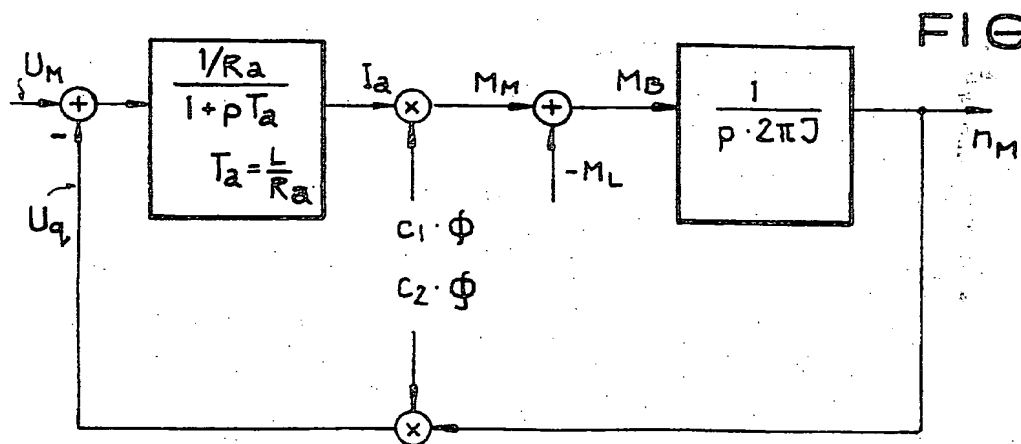
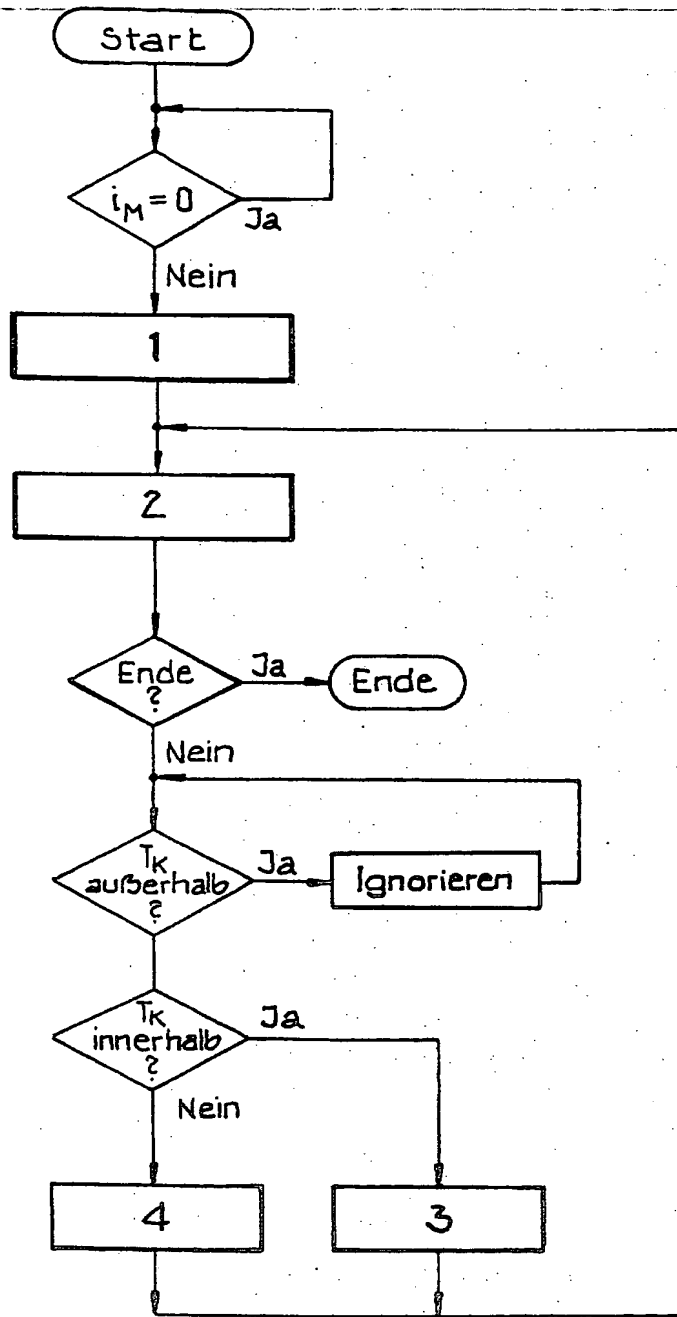


FIG. 4b

FIG. 2



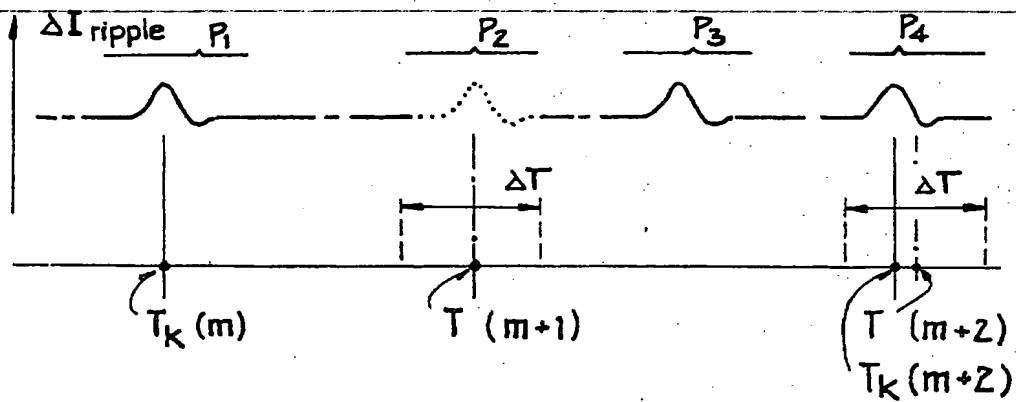


FIG. 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.